1/ Force et champ électrostatiques

a/ Notion de charge électrique

- La charge d'un élément de matière est dûe à un transfert électronique entre le milieu extérieur et le matériau considéré
- Charge positive : défaut d'électrons
- Charge négative : excès d'électrons
- charge élémentaire $e = -1,6 \cdot 10^{-19}\ C$

b/ Loi de Coulomb

L'interaction entre 2 charges ponctuelles q_1 et q_2 placés en O et M ($\overrightarrow{OM} = \vec{r} = r \cdot \vec{u}_r$) dans le vide est régie par la loi de Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \vec{u}_r \qquad K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^{-9}\ SI$$

Remarques : l'électrostatique du vide s'identifie à celle dans l'air
Cette formule n'est vraie que pour les charges immobiles dans le vide
La force est radiale, c'est à dire dirigée selon la droite passante par les 2 charges
Cette force obeit au principe d'action et de réaction en mécanique, c'est à dire $\vec{F}_{1/2} + \vec{F}_{2/1} = \vec{0}$

2/ Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle

a/ Définition:

Une particule de charge q située en O créé en tout point M de l'espace un champ vectoriel appelé champ électrostatique défini par $\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{u}$ unité : V/m

b/ Relation entre $\vec{E}$ et $\vec{F}$

Soit une charge q_1, située en un point O, exercant une force électrostatique sur une charge q_2 située en un point M

alors $\vec{F}_{1/2} = q_2 \vec{E}_1(M)$

Réciproquement : $\vec{F}_{2/1} = q_1 \vec{E}_2(M)$

ETUDUP .com

3/ Champ créé par un nombre fini de charges : $(q_i)_{1\le i\le n}$ en ponctuel

M: de l'espace : $\vec{E}(M) = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i(M) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_i$

$\vec{r}_i =$

Force électrostatique totale subie par une charge q située en M

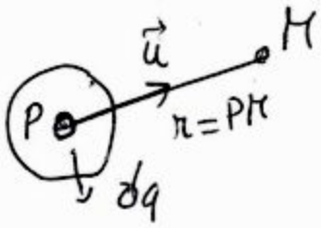
$$\vec{F}(M) = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i(M) = \sum_{i=1}^{n} \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_i}{r_i^2} \vec{u}_i = q \cdot \vec{E}(M)$$

Remarque: $\vec{E}$ et $\vec{F}$ vérifient le principe de superposition (c'est-à-dire la résultante des forces = règle du parallélogramme)

4/ Champ électrique créé par une distribution continue de charges

Soit P un point quelconque d'un conducteur et $dq(P)$ la charge élémentaire contenue en ce point

le champ électrostatique créé en un point M est égal à $d\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{dq}{r^2} \vec{u}$



$r = PM$; $\overrightarrow{PM} = PM\,\vec{u}$

le champ électrostatique total créé en M est égal à :

$$\vec{E}(M) = \int_{\text{distribution}} d\vec{E}(M) = \int_D \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{dq}{r^2} \vec{u}$$

a/ Cas de distribution linéique de charges

$dq = \lambda\, dl$: λ densité linéique ($C.m^{-1}$)

$$\vec{E}(M) = \int_D \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\lambda\, dl}{r^2} \vec{u}$$ D : longueur

b/ Cas de distribution surfacique de charges

$dq = \sigma\, dS$ σ : densité surfacique ($C.m^{-2}$)

$$\vec{E}(M) = \iint_D \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\sigma\, dS}{r^2} \vec{u}$$ D : surface

c/ Cas de distribution volumique :

$dq = \rho\, dv$ ρ : densité volumique ($C.m^{-3}$)

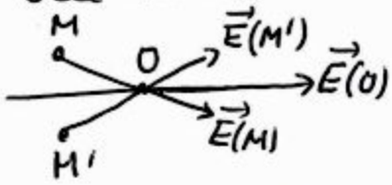
$$\vec{E}(M) = \iiint_D \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\rho\, dv}{r^2}$$ D : volume

ETUDUP .com

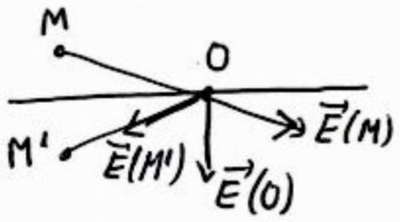
5/ Propriétés de symetrie :

Permettent de simplifier le calcul du champ electrostatique créé par une distribution de charge D

a/ Symetrie plane : La distribution D admet un plan miroir Π si $\rho(M) = \rho(M')$ avec $M' = \text{symé}_{\Pi}(M)$, le champ créé en un point du plan de symétrie appartient à ce plan

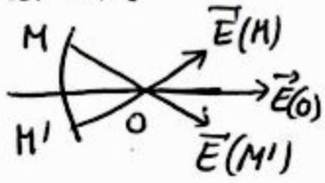


b/ Antisymetrie plane : La distribution D admet un plan antisymétrique Π' si $\rho(M') = -\rho(M)$ avec $M' = \text{sym}_{\Pi'}(M)$ le champ créé en un point d'un plan d'ansymétrie est perpendiculaire à ce plan



c/ Axe de symétrie d'une distribution plane

le champ créé en un point de cet axe appartient à cet axe



d/ Invariance par translation

Si D est invariant par toute translation parallèle à l'axe (Oz) alors $\vec{E}(M)$ ne dépend pas de z $(\vec{E}_z(M) = \vec{0})$

e/ Axe de symétrie de revolution (OX)

le champ en un point d'un de cet axe appartient à cet axe : $\vec{E} = E_x \vec{u}_x$

f/ Symetrie cylindrique : (cylindre infini d'axe Oz par exemple)

Si D est invariant par translation selon Oz et par rotation autour de (Oz) alors $\vec{E}(r, \theta, z)$ ne dépend que de r c'est à dire que le champ est radial : $\vec{E}(r, \theta, z) = E_r(r)\, \vec{u}_r \quad \forall (\theta, z)$

g/ Symétrie spherique : Si D est invariant par rotation autour de tout axe passant par O alors E exprimé en coordonnées spheriques ne dépend que de r (le champ est radial)

$$\vec{E}(r, \theta, \varphi) = E(r)\, \vec{u}_r$$

ETUSUP .com

et encore plus..